
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2015/2016 Academic Session

December 2015 / January 2016

EEK 468 – ELECTRICAL MACHINES AND DRIVES
[MESIN DAN PACUAN ELEKTRIK]

Duration 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this examination paper consists of **TEN (10)** pages of printed material before you begin the examination. This examination paper consist of two versions, The English version and Malay version. The English version from page **TWO (2)** to page **FIVE (5)** and Malay version from page **SIX (6)** to page **TEN (10)**.

*Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEPULUH (10)** muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini. Kertas peperiksaan ini mengandungi dua versi, versi Bahasa Inggeris dan Bahasa Melayu. Versi Bahasa Inggeris daripada muka surat **DUA (2)** sehingga muka surat **LIMA (5)** dan versi Bahasa Melayu daripada muka surat **ENAM (6)** sehingga muka surat **SEPULUH (10)**.*

Instructions: This question paper consists of **FIVE (5)** questions. Answer **ALL** questions. All questions carry the same marks.

[Arahan: Kertas soalan ini mengandungi **LIMA (5)** soalan. Jawab **SEMUA** soalan. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama]

Answer to any question must start on a new page.

[Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru]

“In the event of any discrepancies, the English version shall be used”.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai]

ENGLISH VERSION

1. A three-phase, Y-connected, 460V (line-line), 60Hz, four-pole induction motor has the following parameters :

$$R_1=0.07\Omega \quad R_2=0.152\Omega \quad X_1=0.743\Omega \quad X_2=0.764\Omega \quad X_M=40.1\Omega \quad R_c=500\Omega$$

The induction motor is operating at full-load with the slip of 3%. The total friction and windage losses can be assumed to be constant at 715W.

- (a) Calculate the motor input phase current I_1
(20 marks)
- (b) Calculate the power factor, the input real power P_{in} and the input reactive power Q_{in}
(20 marks)
- (c) Calculate the rotor current I_2
(20 marks)
- (d) Calculate the mechanical power P_{mech} and the rotor loss P_{rotor}
(20 marks)
- (e) Calculate the shaft power P_{shaft} and shaft torque T_{shaft}
(20 marks)
2. A permanent magnet dc motor has an armature resistance R_a of 1.05Ω . When operated at no-load from a dc source of 48V, it is observed that the motor rotates at a speed of 2000rpm and draws current of 1.15A
- (a) Calculate the torque constant K_m
(20 marks)

- (b) Calculate the mechanical power and torque developed by the motor when it is operating at 1500rpm
(20 marks)
- (c) Calculate the stall (zero speed) current and stall torque.
(20 marks)
- (d) The motor is used to power a small water pump which requires a torque of 5Nm at a speed of 1700rpm and which varies as the square of speed. Calculate the operating speed when the pump is driven by the dc motor at terminal supply voltage of 48V.
(20 marks)
- (e) For part (d) operation, calculate the armature current I_a and motor efficiency.
(20 marks)
3. (a) In electrical drive system, the power converter is used to provide adjustable voltage, current and/or frequency in order to control the speed, torque or power of the motor. Give four types of these converters.
(25 marks)
- (b) The four quadrants of the speed-torque characteristics of electrical motor explain the possible operating conditions that typical electrical drive systems have to perform as shown in Figure Q3B. In which quadrants the electrical drive will operate for :-
- (i) A vehicle that is going up and down the hill
 - (ii) An elevator that is going up and down
 - (iii) A conveyor belt that moves either from left to right or from right to left directions.

(25 marks)

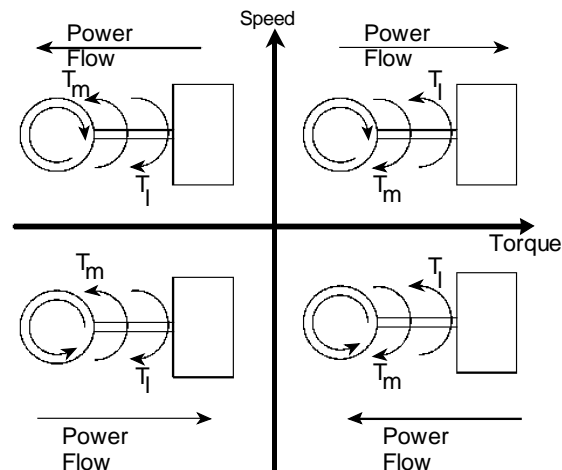


Figure Q3B

- (c) A three-phase, full-wave controlled rectifier supplies the armature of a 15-hp, 315-V separately excited dc motor. The field circuit gets its supply from a three-phase, full wave uncontrolled rectifier connected to the same supply. The data for this drive are:

Compute the torque developed by the motor.

(25 marks)

- (d) A three-phase, 400-V, 50-Hz, four pole, star connected induction motor is supplied by a three-phase ac voltage controller with an input supply of 440 line-to-line. The induction motor has following parameters:

. All quantities being referred to the stator. The rotor speed is 1475 rpm. If the no-load losses are negligible, estimate the firing angles of the thyristors of the controller and slip.

(25 marks)

4. (a) A dc, separately excited motor is connected to a fan-type load. The armature circuit of the motor is connected to a full-wave single-phase ac/dc SCR converter. The input voltage to the converter is 200 V (rms). The triggering angle of the converter is adjusted for a motor speed of 500 rpm. The armature current in this case is 16 A. The armature resistance of the motor is 0.5Ω , and the field constant ($k\phi$) is 2.5 V sec. Assume that armature current is always continuous. Estimate the triggering angle

- (i) to run the motor at 500 rpm, and

(20 marks)

- (ii) to reduce the motor speed to 100 rpm.

(40 marks)

- (b) A 50-hp separately excited dc motor is supplied by a battery of 480 V through a chopper and it has a mean armature current of 120 A. The field is also supplied by a chopper whose source is a battery of 250 V. The other data for this drive are

—
—

The armature circuit has sufficient inductance to make current continuous. Compute

- (i) the speed of the motor,

(20 marks)

- (ii) the torque developed by the motor,

(10 marks)

- (iii) the equivalent input resistance, and

(10 marks)

5. (a) A 30-kW, 440-V, 50-Hz, 4-pole, three-phase star connected induction motor has following parameters;

All the quantities are referred to stator side.

The motor is operated with constant volt/Hz control corresponding to the rated voltage and frequency. If the motor has to supply a load torque of 120 N m, compute the following quantities with rated frequency and with a frequency of 40 Hz:

- (i) Slip for the given load torque, (25 marks)
- (ii) Slip for the maximum torque, (15 marks)
- (iii) Breakdown torque, (20 marks)

- (b) A three phase, 50-kW, 1470-rpm, 400-V, 50-Hz, 4-pole, star connected induction motor has following parameters;

All the quantities are referred to stator side.

The motor is operated with frequency control. The slip for maximum torque at the given supply frequency is 0.12. Estimate the

- (i) supply frequency, (10 marks)
- (ii) break down torque, and (20 marks)
- (iii) speed at the maximum torque, (10 marks)

VERSI BAHASA MELAYU

1. Sebuah motor aruhan tiga-fasa, sambungan-Y, 460V (talian-talian), 60Hz, empat-kutub mempunyai parameter-parameter berikut :

$$R_1=0.07\Omega \quad R_2=0.152\Omega \quad X_1=0.743\Omega \quad X_2=0.764\Omega \quad X_M=40.1\Omega \quad R_c=500\Omega$$

Motor aruhan ini beroperasi pada beban penuh dengan slip sebanyak 3%. Jumlah kehilangan geseran dan kinciran boleh dianggap malar pada 715W.

- (a) Kirakan arus fasa input motor I_1

[markah 20%]

- (b) Kirakan faktor kuasa, input kuasa sebenar P_{in} and input kuasa reaktif Q_{in}

[markah 20%]

- (c) Kirakan arus rotor I_2

[markah 20%]

- (d) Kirakan kuasa mekanikal P_{mech} dan kehilangan rotor P_{rotor}

[markah 20%]

- (e) Kirakan kuasa aci P_{shaft} and tork aci T_{shaft}

[markah 20%]

2. Sebuah motor AT magnet kekal mempunyai rintangan angker R_a sebanyak 1.05Ω . Apabila beroperasi tanpa beban dari sumber bekalan dc 48V, didapati bahawa motor berputar pada kelajuan 2000rpm dan menggunakan arus sebanyak 1.15A.

- (a) Kirakan tork pemalar K_m

[markah 20%]

(b) Kirakan kuasa mekanikal dan tork yang dibangunkan oleh motor apabila ia beroperasi pada 1500rpm

[markah 20%]

(c) Kirakan arus tegun (kelajuan sifar) and tork tegun

[markah 20%]

(d) Motor digunakan untuk menguasai sebuah pam air yang kecil yang memerlukan tork 5Nm pada kelajuan 1700rpm dan yang berbeza dengan kuasa dua kelajuan. Kirakan kelajuan operasi apabila pam ini dipacu oleh motor AT pada voltan bekalan 48V

[markah 20%]

(e) Untuk bahagian (d) operasi, kirakan arus angker I_a dan kecekapan motor

[markah 20%]

3. (a) Dalam sistem pacuan elektrik, penukar kuasa yang digunakan untuk menyediakan voltan, arus dan/atau frekuensi yang boleh laras untuk mengawal kelajuan, tork atau kuasa motor. Berikan empat jenis penukar ini.

[markah 25%]

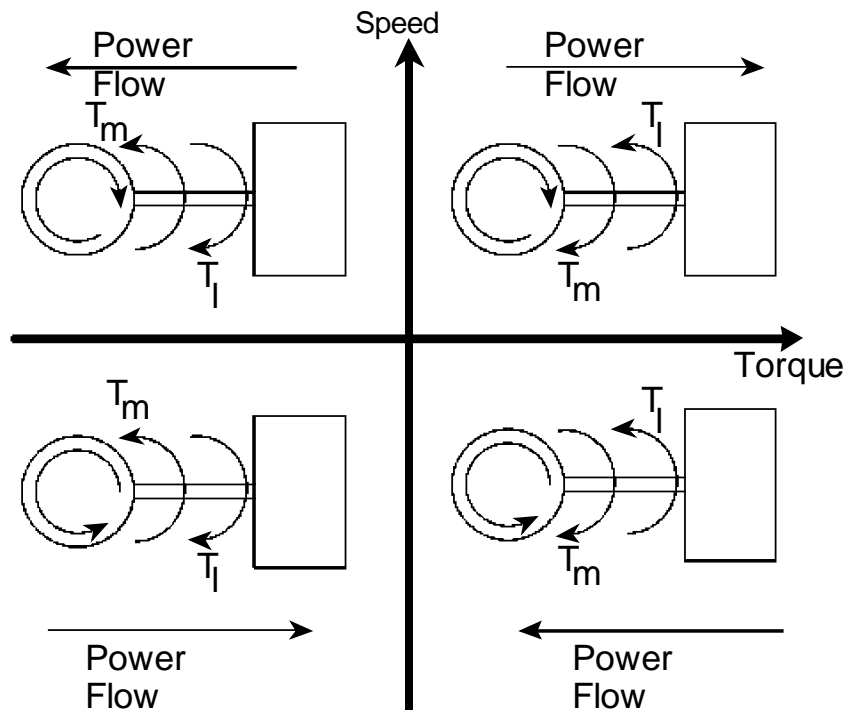
(b) Empat kuadran ciri-ciri kelajuan-tork motor elektrik menerangkan keadaan-keadaan operasi yang boleh berlaku pada sistem pacuan elektrik semasa beroperasi seperti ditunjukkan dalam Rajah Q3B. Dalam kuadran manakah pemacu elektrik akan beroperasi untuk :-

[markah 25%]

(i) Sebuah kenderaan yang akan turun dan naik bukit

(ii) Sebuah lif yang akan naik dan turun

(iii) Satu tali sawat penyampai yang boleh bergerak samada dari kiri ke kanan atau dari kanan ke kiri.



Rajah Q3B

- (c) Sebuah penerus gelombang penuh dikawal tiga-fasa membekalkan angker sebuah motor AT medan terpisah 15hp, 315V dc. Litar medan mendapat bekalannya dari penerus terkawal gelombang penuh tiga-fasa yang disambungkan kepada bekalan yang sama. Data untuk pemacu ini ialah:

Kirakan tork dihasilkan oleh motor.

[markah 25 %]

- (d) Sebuah motor aruhan, tiga-fasa, 400-V, 50-Hz, empat-kutub, sambungan-bintang dibekalkan oleh tiga-fasa pengawal voltan ac dengan bekalan input 440V talian-ke-talian. Motor aruhan mempunyai parameter-paramter berikut:

. Semua kuantiti dirujuk kepada pemegun. Kelajuan pemutar adalah 1475rpm. Jika kehilangan tanpa-beban boleh diabaikan, anggarkan sudut menembak daripada thyristor pengawal dan slip.

[markah 25 %]

...9/-

4. (a) Sebuah motor AT medan terpisah disambungkan ke beban jenis-kipas. Litar angker motor disambungkan ke penukar SCR gelombang penuh ac/dc satu-fasa. Voltan input ke penukar adalah 200 V (rms). Sudut menembak penukar boleh diselaraskan kelajuan motor 500rpm. Arus angker untuk kes ini adalah 16A. Perintang angker ialah 0.5Ω , dan pemalar medan ($k\phi$) ialah 2.5 Vsec. Andaikan arus angker sentiasa berterusan. Anggarkan sudut menembak :

(i) Untuk mengerakkan motor pada 500 rpm

[markah 20 %]

(ii) Untuk menurunkan kelajuan motor ke 100rpm.

[markah 40 %]

- (d) Motor AT medan terpisah 50-hp dibekalkan oleh bateri 480 V melalui penukar chopper dan ia mempunyai arus angker purata sebanyak 120 A. Medan juga dibekalkan oleh penukar chopper yang mempunyai bekalan sumber bateri sebanyak 250A. Data lain untuk pemacu ialah :

—
—

Litar angker mempunyai kearuhan yang mencukupi untuk membuat arus berterusan. Kirakan :

(i) Kelajuan motor,

[markah 20 %]

(ii) Tork yang dihasilkan oleh motor,

[markah 10 %]

(iii) Perintang input setara,

[markah 10 %]

(iv) Jumlah keseluruhan input tork.

[markah 10 %]

...10/-

- 5 (a) Sebuah motor aruhan, tiga-fasa, 30-kW, 440-V, 50-Hz, 4-kutub, sambungan bintang mempunyai parameter-parameter berikut:

Semua kuantiti dirujuk kepada sebelah pemegun.

Motor dikendalikan dengan pemalar kawalan volt/Hz bersepadanan dengan kadar voltan dan frekuensi. Jika motor perlu membekalkan tork beban sebanyak 120Nm, kirakan kuantiti-kuantiti berikut pada kadar frekuensi dan pada frekuensi 40Hz :

- (i) Slip untuk beban yang diberikan

[markah 25 %]

- (ii) Slip untuk beban maksima

[markah 15 %]

- (iii) Tork Breakdown

[markah 20 %]

- (b) Sebuah motor aruhan tiga-fasa, 50-kW, 1470-rpm, 400-V, 50-Hz, 4-kutub, sambungan-bintang mempunyai parameter-parameter berikut :

Semua kuantiti dirujuk kepada sebelah pemegun.

Motor dikendalikan dengan kawalan frekuensi. Slip untuk tork maksima pada pemberian frekuensi bekalan ialah 0.12. Anggarkan :

- (i) Frekuensi bekalan

[markah 10 %]

- (ii) Tork breakdown

[markah 20 %]

- (iii) Kelajuan pada tork maksima

[markah 10 %]